生体医療工学特論 I

Advanced Biomedical Engineering I

齊藤　俊
山口大学大学院医学研究科
/応用医工学系
/医療支援工学講座
/臨床生体医療工学研究分野

Takashi Saito /Clinical Biomedical Engineering
/Biomedical Engineering division
/Applied Medical Engineering Science
/Graduate School of Medicine
/Yamaguchi University

講義計画

先端医療機器開発における機械工学的アプローチについて

1. Introduction 4/14
2. **システム設計**(1) 4/21
3. **システム設計(2)** **4/28**
4. **システム設計**(3) 5/12
5. **今年度課題について** 5/19
6. **システム解析**(1) 5/26
7. **設計手順と手法** 6/02
8. **システム解析**(2) 6/09
9. **体験1** 6/16
10. **システム統合**(1) 6/23
11. **システム統合**(2) 6/30
12. **今年度課題に関する討論** 7/07
13. **開発研究例**(1) 7/14
14. **開発研究例**(2) 7/21

③機械設計における事実と課題
システムの定義・特徴・概念
④開発プロジェクト
⑤演習1

講義計画

先端医療機器開発における機械工学的アプローチについて

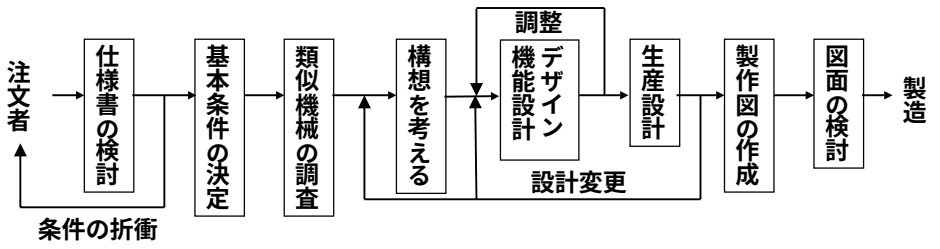
1. Introduction	4/14
2. **システム設計**(1)	4/21
3. **システム設計**(2)	4/28
4. システム設計(3)	**5/12**
5. **今年度課題について**	5/19
6. **システム解析**(1)	5/26
7. **システム解析**(2)	6/02
8. **システム解析**(3)	6/09
9. **休講**	6/16
10. **システム統合**(1)	6/23
11. **システム統合**(2)	6/30
12. **今年度課題に関する討論**	7/07
13. **開発研究例**(1)	7/14
14. **開発研究例**(2)	7/21

システム設計 (1)

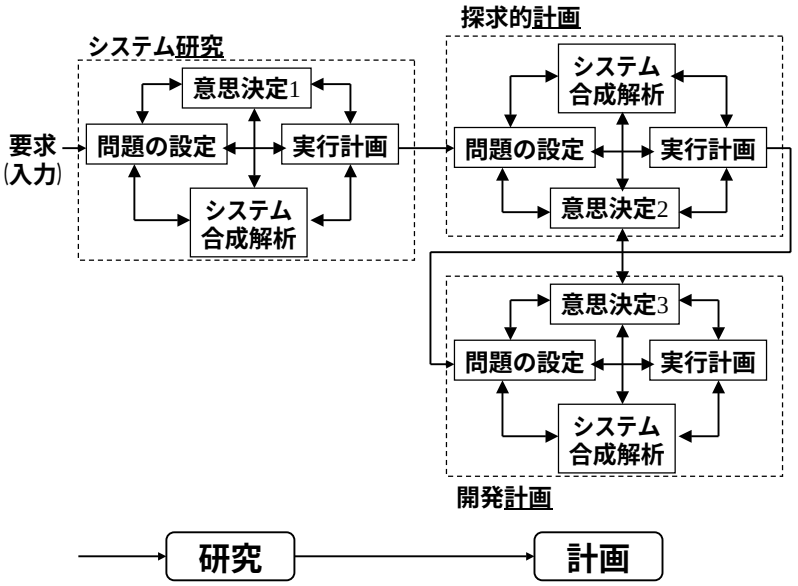
機械設計とシステム技術

① システム工学を取り入れた（機械）設計
② 階層構造に基づくシステム化
③ モデル化，評価，最適化の手法3本柱の使用

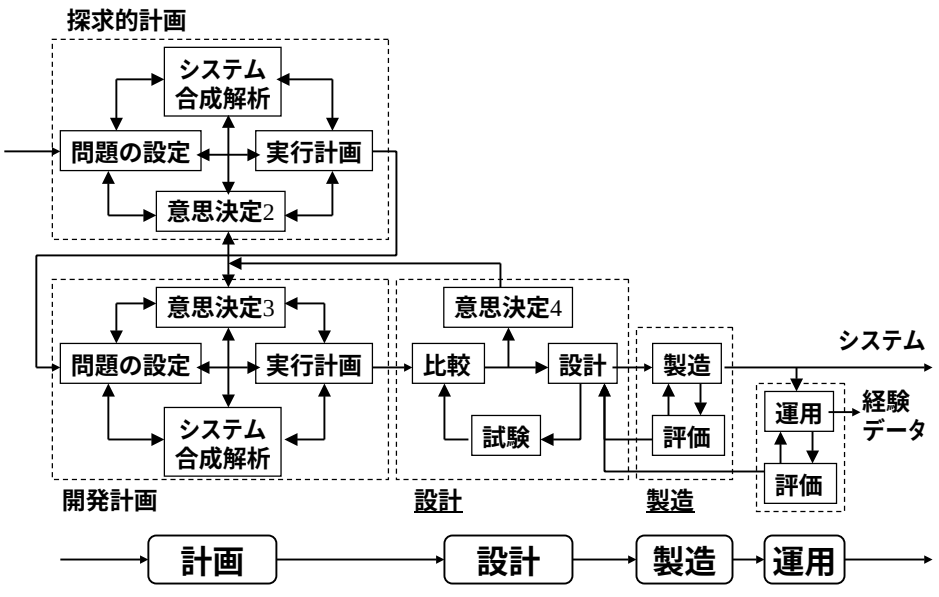
従来型の手順



システム開発



システム開発

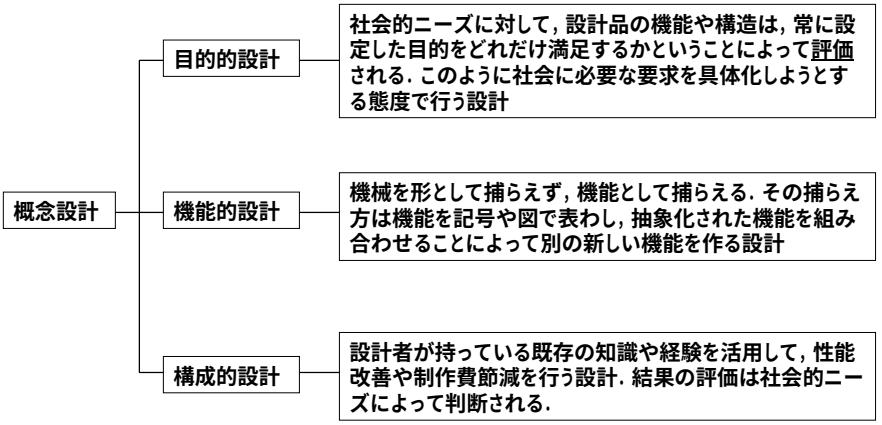


システム設計 (2)

機械設計とシステム技術

① 概念設計と詳細設計を考えシステム設計を実施
② 設計作業を5段階にわけ，各段階の内容と性質を把握
③ 記録に残した設計ノートを活用し，システム設計を実施

概念設計の解釈例



概念設計の形態区分

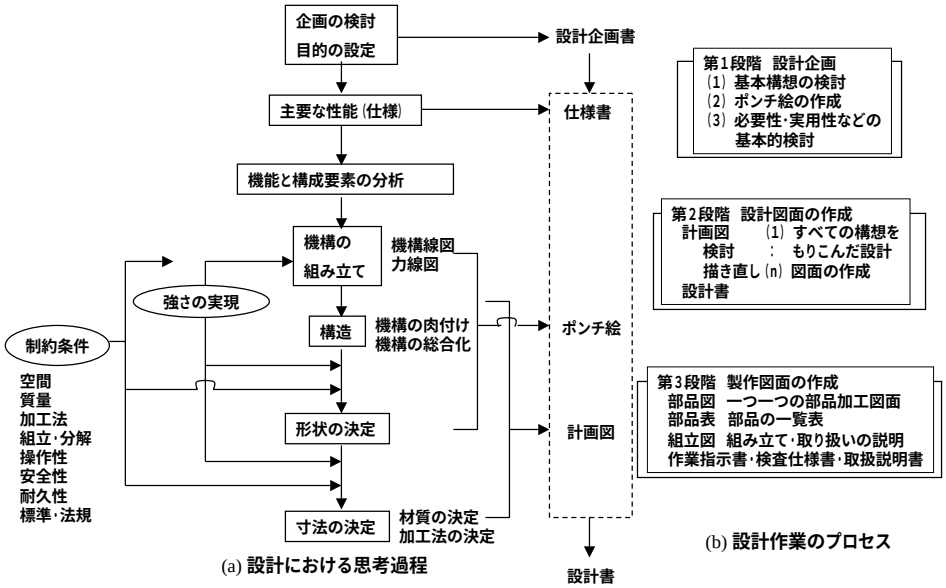
概念設計の解釈例

概念設計の手順とその処理内容

- **構想設計** — 市場要求に基づく基本仕様書の決定，従来の経験や技術上の問題点を洗い出し，必要な新技術の実現可能性やその効果を検討する．
- **開発設計** — 構想設計で明らかにされた問題点とその解決策を，実験などにより，その効果確認を行う．
  この場合の開発は一般的なものではなく，その設計対象についてのものである．
- **機能設計** — 構造設計の結果与えられた基本仕様をどのような構造によって実現するか検討し，機械の概略構造を明らかにし計画図が描かれる．
  機能の検討を十分に行う．

設計概念の過程区分

設計過程の内容の例



(a) 設計における思考過程

(b) 設計作業のプロセス

システム思考

① 自分自身の設計における考え方（思考）と仕事の進め方の整理（システム化）
② 問題点は設計者一人一人にあることをはっきりと受け止めること

⇩

設計者各自が自分の設計の進め方を整理し，自分なりの手法に修正するのが適切な方法

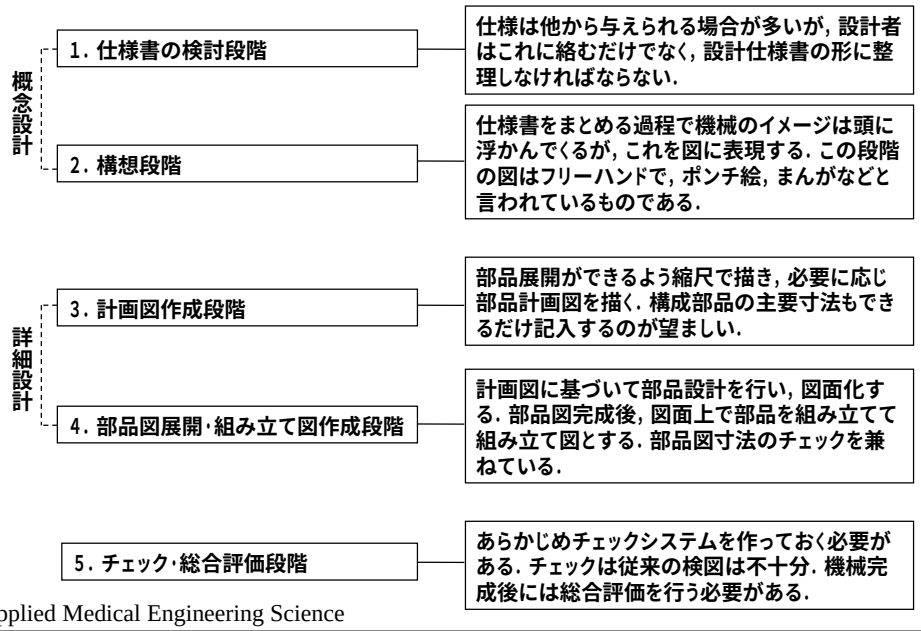
設計対象は最大システム

一つの機械（最大システム）の設計を前提として設計の合理化，最適化を実施．

階層化 ⇔ 統合化

「機械工学便覧A7」
システムの部分をまたシステムと見るとき，それをサブシステムという（システムを）下方および上方への無限の階層を切断するため，最小システムと最大システムの概念を導入する．最大システムとは，より大きなシステムを考えないシステムである．

設計作業の便宜的な区分



図面の名称と内容の説明

名称	内容説明
(1) 構想図	頭に浮かんだイメージ（構想）を次第に具体化しておくものであるから何枚か書きながら，次第に細部も明らかにして行く．書き方は自由．フリーハンドでよい．
(2) 計画図	（JIS Z 8114，No2201）では，設計の意図，計画を表わした図面．ここでは，（JISのNO.2202）の基本設計図．製作図または実施設計図を作成する前に，必要な基本の設計を示す計画図の意味に用いる．
(3) 総組み立て図	（JIS Z 8114，No.2263），対象物の全体の組み立て状態を示す組み立て図．幾つかの部品組み立て図(サブシステム）に分けるのが設計上からも組み立て上からも効率的．
(4) 部品組み立て図	（JIS Z 8114，No.2263），対象物の一部分の組み立て状態を示す組み立て図．分割は最大10以下にするのが望ましい．
(5) 部品図	（JIS Z 8114，No.2260），部品について，最終仕上がり状態で備えるべき事項を完全に表すために必要なすべての情報を示す図面．
(6) タイムチャート 空気圧（油圧）回路図 （シーケンス回路図）	操作の機能系統を表すものだから，部品図には含まれないが，電磁弁，マニホールド，制御盤などの外形寸法と取り付け位置は一点鎖線で組み立て図に示しておく必要がある．図には示さないが，配管配線のスペースは想定しておかなければならない．

5段階の設計作業

(1) 第1段階：仕様書検討段階
(2) 第２段階：構想段階
(3) 第３段階：計画図作製段階
(4) 第４段階：部品図展開・組み立て図作成段階
(5) 第５段階：チェック・総合評価段階

(1) 第1段階（仕様書検討段階）

仕様書：開発設計，受注設計，社内設計など設計の依頼先により要求事項が不明な場合が存在．

開発設計：仕様書以外の調査を要する場合も多々あり．

⇒ 設計を進めやすいように，これを“設計仕様”に変更

・対象機械のイメージ化＝目的の明確化 ⇔ 代替案
・制約条件の明記 ‥ 絶対条件と変更可能条件に分ける
・矛盾は極力設計の初期段階で解消
→やむを得ない場合 ‥ 設計仕様変更

5段階の設計作業(2)

(2) 第２段階（構想段階）

機械の全体構成の見通し（ある程度）
⇒ サブシステムに分離，サブシステム毎に具体化

サブシステム ← 最大システムの制約
⇔ 独立したシステムとして扱うこと可能
対象の範囲が狭くなり，細部の検討容易

・構想案：必ず複数案（3案位が適当）
構想過程：計画図着手まで．構想をしっかり固める．
⇒ 制約条件との照合，代替案との比較検討

・重点項目
① 代替案を持つこと（最適化と慣性ベクトル回避）
② 必要に応じて細部の検討も行う
③ 原則として設計ノートに書く
④ 構想案が決定したら，関係部門の意見を聞く（検討会）

5段階の設計作業(3)

(3) 第3段階（計画図作製段階）

計画図：構想を煮詰め，最終的に主要寸法を確定した段階で，その集約として描く．部品展開の基になるもの．

・留意点

① 構想段階で極力，技術的な矛盾点を解決しておく．

② 部品展開を容易にするために，構成部品の主要寸法と組み立て関係寸法を記入しておく．

③ 計画図は，総計画図（最大システム）と部品計画図（サブシステム）に分ける．

④ 総計画図は全体の構成と各サブシステムとの関係位置，運動部分の相互干渉のチェックを重点に行う．

⑤ 部品計画図は構成部品の位置関係，各部品の主要寸法を重点に描く．

⑥ 図面番号の取り方は，“システム番号”による．

5段階の設計作業(4)

(4) 第4段階（部品図展開・組み立て図作成段階）

・部品図作成の重点

① 必要な強度と剛性

② 必要精度（公差），部品公差と組立公差の関係

③ 材質，塗装，めっき，焼き入れ，研磨などの表面処理に関する事項など

⇒ 1枚の部品図が終わったら，組み合わせ部品と必ず照合

・部品展開の順位

① 機械の作業点回りの設計

② 駆動系，動力伝達系の設計

③ 反力を受ける部分の設計

・組み立て図作成の目的

① 製造現場で組立を行う際の全体構造と構成部品の組立て関係（取付位置と組立て精度）を明確に示すこと．

② 図面上で部品図を組立てて見て，寸法誤りの確認．

5段階の設計作業(5)

(5) 第5段階（チェック・総合評価段階）
評価は，設計の各段階，検討項目ごとに実施．
・最低限の評価項目
① 性能
② 経済性
③ 安全性
④ 操作性
⇒ 価値判断は，個人の主観に依存する場合が多い．客観的な価値判断（定量化）が課題．いくつか技法は存在．

思考のシステム化と設計ノート

試行錯誤の低減
① 考えたことは記録．
② 記憶に頼るのではなく，記録に頼る．
⇒ “考え”は時間と共に変転．．．記録，設計ノートの活用

設計ノート（形式自由）の原則
① 記入内容は設計に関すること．
一切，他のノートや用紙は使わない．
② 記入は後に読み返すことができる程度の丁寧さで可．
③ 記録は時間順，整理はシステム番号による．
④ 項目ごとに日付を記入．
⑤ 項目が終わったら区切り線を引く．
⑥ 項目の始めにシステム番号を記入．
⑦ 決定事項か仮決定事項かの区別を明確にしておく．
⑧ 後に，項目内容の変更が可能なように行間は1行空け，前の記入は消さないで，棒線を引いて訂正．

システム番号

図番の階層構造化．．．システムの最大特徴である階層構造に展開

システム	最大システム	サブシステム	要素
図面構成	総組み立て図	部品組み立て図	部品図
図面番号 （設計ノートの番号とも一致させる）	組み立て番号 0-0 総組み立て図に直接取り付ける部品番号 0-1 0-2 0-3 ：　：	部品組み立て図番号 1-0 2-0 3-0	部品番号 1-1 1-2 1-3 ：： 2-1 2-2 ：： 3-1 3-2 3-3 ：：

機能解析による設計重点項目の例

基本機能	2次機能	3次機能	関連部品
機械の性能	・負荷に対する出力の余裕 ・効率 ・騒音振動 ・寿命	・慣性モーメント少なくする ・運動部の加速度を小さくする ・必要精度の維持	・歯車，ベルト，送りねじなどの駆動系，動力伝達系の部品
強度，剛性，信頼性	・疲労 ・摩擦損失 ・発熱 ・耐摩耗性	・負荷特性の明確化と機械各部に及ぼす影響 ・各部品の対応策	・フレームの剛性 ・駆動系，動力伝達系の部品 ・機械の運動拘束の部品
作業性	・作業性 ・作業高さ ・操作性		・作業者と機械および機械の相対関係
安全性	・労働安全・衛生法による安全基準 ・防音，防振の機能 ・安全装置の機能		・最低限，安全基準に該当する部品（安全カバーなど） ・各種安全装置
保全性	・メインテナンスの容易さ ・分解組み立ての容易さ		

構造と機能

役割（機能・目的）のない部品は不要
⇒ 機械．．．各部品が何らかの役割を分担して構成
「何のためにこのように設計したか」という理由
．．．設計理由を学ぶ＝創意性を生む

機能と構造には矛盾が存在
機能：抽象的，数値で表現（例えば寸法）
⇔ 図面のように実体がない

機能解析と機能展開
“目的の明確化”．．．構成部品の機能を明らかにすること
⇒ 構造と機能の矛盾を早期に発見することにより，
試行錯誤の過程を最小限にする

システム設計 (2)

機械設計とシステム技術

① 概念設計と詳細設計を考えシステム設計を実施
② 設計作業を5段階にわけ，各段階の内容と性質を把握
③ 記録に残した設計ノートを活用し，システム設計を実施

機能設計例

特許出願

発明の名称 人工肛門弁
出願人 山口TLO
出願年月日 平成14年8月30日
出願番号 特願2002-253185
発明者 斉藤 俊
佐久間淳
濱田幸三

講義計画

先端医療機器開発における機械工学的アプローチについて

1. Introduction	4/14
2. **システム設計**(1)	4/21
3. **システム設計**(2)	4/28
4. **システム設計**(3)	5/12
5. 今年度課題について	**5/19**
6. **システム解析**(1)	5/26
7. **システム解析**(2)	6/02
8. **システム解析**(3)	6/09
9. **休講**	6/16
10. **システム統合**(1)	6/23
11. **システム統合**(2)	6/30
12. **今年度課題に関する討論**	7/07
13. **開発研究例**(1)	7/14
14. **開発研究例**(2)	7/21